

LAPORAN PENELITIAN



PENILAIAN EKOLOGIS TERHADAP BAHAN BANGUNAN BARU KOMPOSIT 'PERVA – GRC' BOARD PANEL

Disusun oleh

Ketua peneliti ::

Ir. FX Bambang Suskiyatno, MT
NIDN. 0625116302
bambang_sus@unika.ac.id

Anggota peneliti :

Ir. Afriyanto Sofyan StB, MT
NIDN. 0616046301

PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
FAKULTAS ARSITEKTUR DAN DESAIN
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA SEMARANG
2019 – 2020

PRAKATA

Penelitian tentang Penilaian Ekologis Terhadap Bahan Bangunan Baru Komposit PERVA-GRC Board Panel merupakan sebuah evaluasi seberapa besar tingkat ekologis bahan bangunan baru yang merupakan produk hasil penelitian sebelumnya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menginformasikan kepada masyarakat tentang manfaat pelestarian lingkungan bagi sebuah bahan bangunan terpakai.

Pada kesempatan ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada Yth :

1. Rektor Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, Prof F Ridwan Sanjaya, SE, S.Kom, MSIEC, Ph.D
2. Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, Dr Bertha Beki Retnawati, SE, M.Si
3. Dekan Fakultas Arsitektur dan Desain universitas katolik Soegijapranata Semarang, Dr. Dra B Tyas Susanti, M.Si
4. Rekan-rekan Dosen dan Tenaga Kependidikan di Lingkungan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat universitas katolik Soegijapranata semarang

Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia dan keberlangsungan pelestarian alam dan lingkungan.

Semarang, Juli 2020

Peneliti

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
PRAKATA	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	iv
ABSTRAK	v
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN	1
I.2. ALASAN PEMILIHAN JUDUL	2
I.3. TUJUAN DAN LINGKUP	2
I.4. PERUMUSAN MASALAH	3
BAB II KAJIAN LITERATUR	4
II.1. KAJIAN PUSTAKA PENELITIAN SEJENIS	4
II.2. KAJIAN TEORI BAHAN BANGUNAN EKOLOGIS	5
II.2.1. Aspek Ekologis dalam Arsitektur	5
II.2.2. Kriteria Bahan bangunan Ekologis	7
II.3. TINJAUAN KHUSUS BAHAN BANGUNAN KOMPOSIT 'PERVA-GRC'	9
II.3.1. Bahan Dasar	9
II.3.2. Luas dan Volume Bahan	14
II.3.3. Tahap Pekerjaan Pembuatan Bahan Bangunan Komposit ..	17
II.3.4. Peralatan Kerja dan Waktu Pemakaian	23
BAB III METODE PENELITIAN	26
IV.1. DESAIN PENELITIAN	26
IV.2. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	26
IV.3. OBSERVASI PENELITIAN	26
IV.4. ALUR PENELITIAN	26
IV.5. METODE PENELITIAN	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	28
IV.5. PEMBAHASAN ASPEK EKOLOGIS BAHAN BANGUNAN KOMPOSIT 'PERVA-GRC'	28
IV.5.1. Analisis Terhadap Sumber Daya Bahan	28
IV.5.2. Analisis Terhadap Polutan Bahan	34
IV.5.3. Analisis Terhadap Lokalitas Bahan	34
IV.5.4. Analisis Terhadap Kimia dan Fisika Bahan	36
IV.5.5. Analisis Holistik Ekologis Bahan Komposit 'PERVA-GRC' ...	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
V.1. KESIMPULAN	38
V.2. SARAN	38

DAFTAR GAMBAR

Gb II-1	Bahan Dasar Utama Kertas Bekas	8
Gb II-2	Sketsa dan Mock up Bahan Bangunan Komposit PERVA-GRC	10
Gb II-3	Komposit PERVA-GRC ½ jadi	11
Gb II-4	Pembuatan Komposit PERVA-GRC dg Tenaga Manusia ...	13
Gb II-5	Aplikasi Komposit PERVA-GRC pada Bangunan contoh ...	14

DAFTAR TABEL

Tabel II.1.	Kualitas Energi dari Energi Terbarukan	8
Tabel IV.1.	Penggunaan sumber daya Tak Terbarukan pada Industri	
	Bahan Bangunan	28
Tabel IV.2.	Pemakaian Energi pada Peralatan Pruduksi	31
Tabel IV.3	Konsumsi Energi pada Transportasi	32
Tabel IV.4.	Pemakaian Alat Transportasi pada Pengadaan Bahan	32
Tabel IV.5.	Lokasi Asal Perolehan Bahan Dasar	34
Tabel IV.6.	Skala Transformasi Bahan Dasar dalam Pembentukan Diri ...	34
Tabel IV.7.	Skala Transformasi Bahan Dasar Pembentukan Bahan Jadi ...	35
Tabel IV.8.	Kualitas Unsur bahan	36

ABSTRAK

Penilaian bangunan hijau terhadap sebuah desain maupun bangunan yang sudah ada semakin harus digalakkan demi pelestarian lingkungan, mensikapi keberadaan bumi yang terdampak pemanasan global dan perubahan iklim. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dikedepankannya inovasi-inovasi baru terhadap produk-produk bahan bangunan yang ramah lingkungan. Penelitian tentang sebuah penilaian ekologis terhadap produk bahan bangunan baru sangat penting terutama sebelum bahan bangunan tersebut di produksi dalam jumlah banyak dan masal untuk pemakaian pada bangunan. Keprihatinan muncul terhadap maraknya bahan bangunan yang beredar di pasaran dengan label Green, namun kurang tepat dan hanya sekedar 'brand' saja sehingga tidak secara signifikan berpengaruh terhadap pelestarian lingkungan.

Tolok ukur penilaian ekologis diperlukan sebagai aspek kriteria dalam menentukan apakah sebuah bahan bangunan benar-benar dapat dikategorikan sebagai bahan bangunan ekologis.

BAB I PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Terdapat beberapa penelitian tentang material bahan bangunan yang dibuat dari bahan dasar kertas sebelumnya. Kebanyakan bahan dasar kertas yang digunakan adalah kertas-kertas bekas atau dikatakan sebagai limbah kertas. Komposisi limbah kertas yang digunakan bisa dalam jumlah prosentase sedikit maupun banyak. Fenomena penggunaan kertas dalam bentuk limbah untuk dijadikan bahan bangunan merupakan trend yang sedang berkembang pada dekade ini. Upaya pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan bangunan merupakan salah satu upaya menggalakan pelestarian lingkungan dengan pengurangan sampah dan memperpanjang usia bahan.

The physical and mechanical properties of brick samples prepared from paper pulp, rice husk ash and cement were investigated under laboratory condition. It is concluded from the results that the RPMR (recycle paper mill residue)–RHA (rice husk ash) –cement combination can be potentially used in the production of new brick material. The new brick material resulting from the varying composition of RPMR–RHA was observed to be lighter and weighing nearly 50% less compared to the conventional bricks. (Rauta S, R. Ralegaonkara, S.Mandavganec, 2013)

The combined effect of sawdust and waste paper and Tradical lime had a direct effect on the strength properties of Wood-Crete. Of significant importance was the contribution of self strength of Wood-Crete due to the influence of the size of sawdust particles used. The developed Wood-Crete was able to withstand considerable amount of impact load and considered, like hempcrete, most suitable for wall panelling or other non- and semi-structural applications with good thermal insulating properties. (Patrick, Eboziegbe, AigbomianMiziFan, 2013)

Kedua penelitian diatas dapat dikatakan sama dengan penelitian yang kami lakukan, yaitu pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan dasar pembentukan bahan bangunan baru. Akan tetapi terlihat terdapat perbedaan yang signifikan antara lain penggunaan bahan dasar lain sebagai cumpurannya. Kedua penelitian diatas adalah limbah kertas dengan campuran bahan semen. Kemudian penelitian lain adalah

penggunaan bahan limbah kertas dengan campuran limbah kayu. Sedangkan penelitian yang kami lakukan adalah menggunakan bahan dasar limbah kertas dengan campuran tepung tapioka.

Berkaitan dengan penelitian di tahap ini yang merupakan penilaian tentang ekologis terhadap bahan bangunan, maka hal inipun pada waktu yang akan datang semakin merupakan trend. Beberapa penelitian mengarah ke hal tersebut.

Recycle Paper Mills waste and cotton waste has been utilized to make Waste Crete Bricks. It helps in solid waste management, generate additional revenue and help in earning carbon credits. Waste Crete Bricks with varying content of cotton waste (1–5 wt.%), Recycle Paper Mills waste (89–85 wt.%) and fixed content of Portland cement (10 wt.%) have been prepared and tested. The characteristics of raw materials, which is the base material for Waste Crete Bricks, have been determined using XRF, TG–DTA, and SEM. TG–DTA indicate that bricks is thermally stable up to a temperature of 280 °C while SEM monographs show its porous and fibrous nature. (D Rajput^a, S.Bhagade^a, S.P.Raut^b, R.V.Ralegaonkar^b, Sachin A.Mandavgane^c, 2012)

Penelitian yang kami buat melihat kemungkinan sejauh mana karakteristik ekologis patut di sandang oleh bahan bangunan baru Komposit PERVA-GRC yang kami hasilkan.

Selanjutnya karena penelitian tentang penilaian ekologis bahan bangunan baru yang belum pernah ada sebelumnya, maka dapat dikatakan bahwa ini merupakan penelitian asli dan baru.

I.2. ALASAN PEMILIHAN JUDUL

Judul tentang Penilaian Ekologis Bahan Bangunan Baru Komposit PERVA – GRC dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana bahan bangunan tersebut dapat diklasifikasikan sebagai bahan bangunan ekologis melalui penilaian berdasarkan tolok ukur ekologis bahan bangunan.

I.3. TUJUAN DAN LINGKUP

Memberi spesifikasi tingkat ekologis bahan bangunan Komposit PERVA – GRC Board melalui beberapa kriteria persyaratan ekologis bahan bangunan

I.4. PERUMUSAN MASALAH

Menilai bahan bangunan komposit PERVA –GRC Board berdasarkan beberapa tolok ukur persyaratan bahan bangunan ekologis.

BAB II KAJIAN LITERATUR

II.1. KAJIAN PUSTAKA PENELITIAN SEJENIS

Penelitian ini merupakan penelitian tentang bahan bangunan baru yang berbahan dasar kertas dengan bahan lain yang organik. Membentuk sebuah bahan bangunan komposit dengan kekuatan 2 sisi permukaan. Beberapa penelitian lain dengan bahan dasar yang sama kertas tetapi dengan kekuatan menyatu dalam agregat berupa semen yang akan membantu dalam proses pematangannya.

Bahan kimia yang dipakai sebagai bahan baku untuk bahan bangunan, dan melalui dekomisioning, harus aman untuk kesehatan manusia dan lingkungan. Material bangunan harus berasal dari bahan yang dimungkinkan dapat digunakan kembali, dibuat secara aman dan efisien tanpa menimbulkan polusi atau limbah berbahaya. (Martin Mulvihill, peneliti senior USGBC, 2009)

Bubuk kertas digunakan sebagai bahan pengisi campuran semen perekat. Serat kertas dan kandungan lain pada kertas sebagai bahan bangunan yang sekaligus membantu mengurangi limbah kertas pada lingkungan. Maka perlu penelitian terhadap bahan bangunan campuran semen dan kertas, untuk panel beton yang ringan, kuat dan aman. Berat satuan yang lebih ringan dibandingkan dengan agregat pada umumnya yaitu sebesar 1020 kg/m³. Cara membuat bubuk kertas sebagai bahan pengisi pembuatan panel papercrete. Penelitian Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Untuk Pembuatan Panel Papercrete ini memanfaatkan bahan limbah kertas koran sebagai bahan agregat dengan semen putih sebagai perekat. (Arief Gunarto, Kardiyono Tjokrodinuljo)

Penelitian Pemanfaatan Bubur Kertas Sebagai bahan substitusi Pasir Pada Pembuatan Panel Papercrete, memanfaatkan kertas bekas tersebut untuk dijadikan panel papercrete sebagai alternatif material pembatas dinding. Bubur kertas dihancurkan serupa pasir lalu dipakai sebagai pasir dalam pembuatan panel papercrete. Campuran 1 semen : 2 pasir dengan air semen 0,25, fly ash 10% dari berat semen untuk meningkatkan mutu panel papercrete serta admixture untuk meningkatkan ikatan antar material. Variasi substitusi bubur kertas dari berat pasir 4%, 8%, 12%, 16%, dan 24%. Pengujian panel mengacu pada SNI 03-6434-2000, dimensi benda uji 305 mm x 406 mm x 9 mm di uji pada umur 28 hari. (Prayogi, Aris Setyawan, 2017).

Paper Papercrete Bricks - An Alternative Sustainable Building Material In this study, paper is the main constituent material. Different types of Papers are like newspapers, record sheets, old newspapers, magazines. Paper is nothing but wood cellulose, which is considered as a fibrous material. Cellulose is the second most abundant material on earth after rock. Cellulose is a natural polymer with a long chain of linked sugar molecules i.e., -D-glucose. The cellulose chain bristles with polar -OH groups. These groups form many hydrogen bonds with -OH groups on adjacent chains, bundling the chains together. The hydrogen bonding forms the basis and strength. (Delcasse, Myriam Marie, 2017)

II.2. KAJIAN TEORI BAHAN BANGUNAN EKOLOGIS

II.2.1. Aspek Ekologis dalam Arsitektur

Arsitektur adalah sebuah karya yang diperuntukkan bagi manusia dan merupakan hasil rekayasa dari manusia. Faktor ekologi yang mewarnai karya arsitektur harus didasari oleh kesadaran manusia itu sendiri tentang pelestarian lingkungan yang menggunakan dan beraktfifitas pada karya arsitektur.

Masyarakat ekologis dan berkelanjutan adalah : (L.P Hedeberg)

- a. Manusia yang tidak mengambil lebih banyak dari yang dihasilkan oleh bumi dari pada yang bisa dikembalikan ke alam.
- b. Tidak menggunakan bahan buatan manusia yang membutuhkan waktu lama untuk terurai di alam.
- c. Menjaga kondisi yang diperlukan alam untuk menjaga keanekaragaman hayatinya.
- d. Memanfaatkan sumber daya secara efisien dan tidak berlebihan

A. Arsitektur Ekologis

Meneliti tentang bahan bangunan tidak dapat lepas dari lingkungan binaan atau karya arsitektur. Karya arsitektur yang ekologis didukung pula oleh penggunaan bahan bangunan ekologis.

Karya manusia dalam bentuk lingkungan binaan arsitektur yang memperhatikan pelestarian lingkungan dikenal sebagai arsitektur ekologis. Definisi arsitektur ekologis adalah cara membangun secara holistik (berhubungan dengan sistem keseluruhan), memanfaatkan pengalaman manusia berkaitan dengan tradisi membangun, sebagai proses dan

kerjasama antara manusia dan alam sekitarnya, sebagai berikut : (Frick, Heinz, CH Koesmartadi, 1998)

- Berhubungan erat dengan tempat bangunan, sejarah, kebudayaan, tata kota, tata lingkungan serta pencapaian
- Memiliki kualitas tinggi berhubungan dengan penggunaan ruang dalam maupun ruang luar, pencahayaan, warna, bentukan. Dan bahan bangunan.
- Menjadi fleksibel sekali dalam penggunaan dan perubahan, memungkinkan keanekaragaman bersama penghuni dan mendukung partisipasi semua anggota terkait dalam perencanaan, pembangunan, pemeliharaan, maupun penggunaan.
- Mpada bahan bangunan. Peredaran bahan dan rantai bahan.
- Mendukung kesehatan penghuni dan menghindari bahan bangunan yang menimbulkan berbagai penyakit manusia.

B. Bahan Bangunan Ekologis pada Arsitektur

Bahan bangunan ekologis adalah bahan bangunan yang memperhatikan pencemaran lingkungan menurut kriteria : (Frick, Heinz, CH. Koesmartadi, 1998)

- Positif pada kesehatan dan kenyamanan manusia
- Hemat energi
- Minimalisasi dampak pencemaran lingkungan
- Dapat didaur ulang
- Keseimbangan antara bahan bangunan dan proses produksinya
- Mengedepankan lokalitas
- Tingkat transformasi bahan yang sederhana

Green Material memiliki pengertian lebih besar selain hanya dari sisi produk materialnya saja yang ramah lingkungan. Tetapi, juga meninjau keberlanjutan dari sumber material, proses produksi, proses distribusi, dan proses pemasangan. Serta dapat mendukung penghematan energi, meningkatkan kesehatan dan kenyamanan, dan efisiensi manajemen perawatan bangunannya. (Martin Mulvihill, 2009)

Sedangkan menurut Wulfram I. Ervianto (2013), material ekologis atau ramah lingkungan yaitu material yang bersumber dari alam dan tidak mengandung zat-zat yang mengganggu kesehatan, misalnya batu alam, kayu, bambu, tanah liat.

Selain itu, menurut Frick & Suskiyatno (2007) bahan bangunan dapat diklasifikasikan berdasarkan aspek penggolongan ramah lingkungannya, seperti bahan bangunan yang dapat dibudidayakan kembali (regenerative), bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali (recycling), bahan bangunan alam yang mengalami perubahan transformasi sederhana, bahan bangunan alam yang mengalami beberapa tingkat perubahan transformasi, serta bahan bangunan komposit.

II.2.2. Kriteria Bahan bangunan Ekologis

A. Sumber Daya Bahan

1. *Daur ulang*

Dilihat dari perspektif ekologi industri, limbah dapat didefinisikan sebagai sumber daya di tempat yang salah. Tujuannya adalah untuk membawa semua sumber daya kembali ke loop tertutup di mana mereka bersirkulasi dalam sistem ekonomi manusia, sehingga ekstraksi bahan baku baru serta limbah buangan akhir menjadi minimum absolut. (McDonough dan Braungart, 2002).

Beberapa tingkat penggunaan dan proses ulang, tiga yang utama adalah (dalam hierarkis):

- Digunakan kembali
- Bahan daur ulang
- Pemulihan energi

2. *Energi*

Pembahasan utama masalah penggunaan energi adalah pembakaran bahan bakar fosil sebagai sumber utama emisi gas rumah kaca. PBB menyarankan pengurangan dengan cepat (IPCC, 2007). Oleh karenanya dibutuhkan penggunaan sumber energi terbarukan

Tabel II.1. Kualitas Energi dari Energi Terbarukan

Energy sources	Energy qualities					
	Mechanical	Electricity	Heat			
			Above 600 °C	200-600 °C	100-200 °C	Below 100 °C
Sun	(x)	x	(x)	(x)	x	x
Water/wind/waves	(x)	x	x ¹	x ¹	x ¹	x
Biomass	(x)	(x)	x	x	x	x
Biogas/bioethanol	x	x	x	x	x	x
Geothermal					x	x

Notes: x: commercially available; (x): not commercially available; x¹: via electricity.

Sumber : *The Ecology Building Materials*, 2009

B. Polusi Bahan

1. Toxic dan polutan

Bahan bangunan yang mengganggu kehidupan manusia adalah zat yang menghilang dalam udara dalam bentuk gas atau bau. Yang lebih parah adalah jika zat sebagai bahan dasar tidak mengganggu manusia tetapi akan bersifat polutan bila tercampur dengan zat dari bahan lain. Sehingga bahan bangunan ekologis adalah yang mendukung kesehatan manusia dan tidak menimbulkan berbagai penyakit pada manusia. (Frick, Heinz, Koesmartadi, 1998)

C. Lokalitas Bahan

1. Perolehan dan produksi

Perolehan bahan bangunan maupun bahan dasar dalam pembuatan didapat dari lokasi setempat akan lebih dihargai dari pada diperoleh dari lokasi yang jauh. Dari aspek energi, ekonomi setempat menjadi lebih ekologis.

2. Teknologi Transformasi

Bahan bangunan terbentuk dari bahan dasar yang diolah menjadi bentuk yang lain, yang selanjutnya berubah sebagai bahan bangunan yang siap pakai. Bila perubahan dari bahan dasar menjadi bahan siap pakai melalui tahapan yang sedikit, sederhana dan singkat, bahan bangunan tersebut lebih ekologis dari pada bahan bangunan

yang dibentuk melalui tahapan yang panjang, rumit, dan bertahap-tahap.

D. Kimia dan Fisika Bahan

1. *Unsur bahan*

Berkaitan dengan unsur bahan yang bersifat kimia maupun fisika maka bahan bangunan yang ekologis adalah yang memperhatikan peredaran bahan dan rantai bahan. Peredaran bahan berhubungan dengan seberapa besar manfaat bahan tersebut berdasarkan fungsinya. Pemanfaatan bahan bangunan sebagai fungsi yang satu kemudian dapat dialihkan dalam fungsi yang lain setelah selesai pemanfaatannya. Sedangkan rantai bahan bangunan (life cycle materials) adalah riwayat hidup bahan mulai dari perannya sebagai bahan dasar kemudian menjadi bahan setengah jadi, bahan jadi kemudian bahan yang tidak terpakai, dan digunakan kembali.

II.3. TINJAUAN KHUSUS BAHAN BANGUNAN KOMPOSIT 'PERVA-GRC'

II.3.1. Bahan Dasar

A. Unsur Pembentuk Bahan Dasar

1. *Unsur pembentuk bahan kertas koran*

Kertas terdiri atas tiga komponen bahan baku sebagai bahan utama, bahan pembantu dan bahan penunjang.

a). Bahan Baku

Bahan dasar kertas serat selulosa dari berbagai tumbuhan ditambah dengan unsur pemutih dan pegawet. Selulosa merupakan komponen kimia. Kadar selulosa tinggi berfungsi membentuk jalinan antar serat dengan ikatan hidrogen antara gugus hidroksiselulosa (Clark,1985).

b). Bahan Pembantu

Bahan-bahan pembantu antara lain air, diperlukan sebagai pelarut dan pencuci.

Bahan pemutih, diperlukan untuk membuat kertas menjadi putih bersih sebab bahan baku kertas tidak berwarna antara lain :

- Klor/klorin (Cl_2) dan klor dioksida (ClO_2)
- Kalium Bisulfat
- Hidrogen Peroksida
- Natrium hidroksida (NaOH)
- Natrium Bisulfat
- H_2O_2
- Natrium Peroksida

Bahan penghancur tanaman untuk dijadikan pulp antara lain Asam sulfat Alkali, Sodium Hidroksida. Bahan pewarna diperlukan membuat kertas-kertas berwarna.

c). Bahan Pelengkap

Dua macam bahan pelengkap antara lain :

Bahan pengisi menutupi lubang-lubang halus permukaan kertas diantaranya : kaolin, gips, tanah diatomea, kapur magnesit.

Bahan perekat selulosa agar kuat diantaranya : perekat arpus, perekat hewani, perekat tepung kanji.



Gambar II-1

Bahan Dasar Utama Kertas Bekas

2. Unsur pembentuk bahan GRC

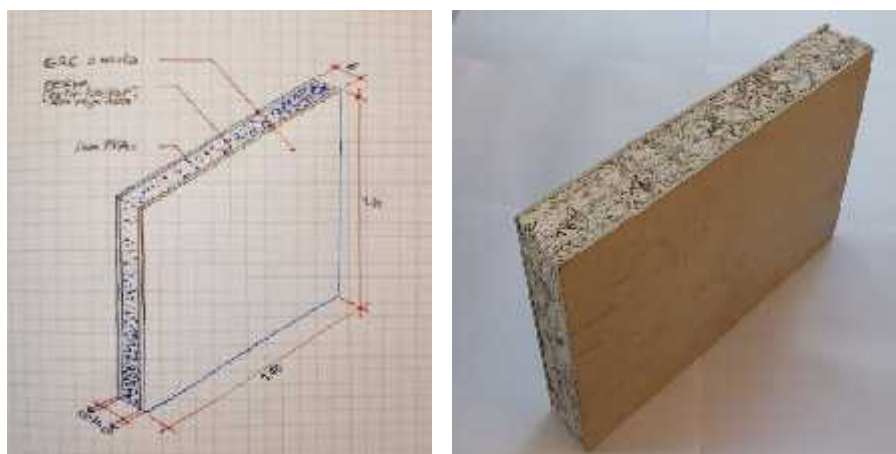
GRC merupakan bahan komposit terdiri atas bahan-bahan dasar semen, serat kaca (fibre glass). Fibre glass berasal dari bahan senyawa kimia rantai panjang polimer. Terdiri atas beberapa bahan dasar utama, erosil, resin, katalis, talk, mat dan pigmen. Ditambah bahan dasar penunjang, aseton (PVA), kaca, cobalt dan dempul. Sebagian besar jenis bahan polimer diantaranya diperoleh dari residu bahan minyak bumi mineral dari tambang minyak. Mengandung zat pelunak dioxin atau formaldehit yang selalu menguap.

3. Unsur pembentuk bahan lem PVAc (Polivinyl Asetat)

Lem perekat PVAc merupakan bahan kimia yang dibentuk berdasarkan persenyawaan kimia adalah polimer karet sintetik. Merupakan senyawa kimia polimer thermoplastic yang dapat larut pada pelarut organik. Persenyawaan akan menghasilkan polivinyl alkohol (PVOH). Proses produksi polivinyl Asetat dari monoomer Vinyl Asetat dan Metanol dengan reaksi adisi radikal bebas face air menggunakan inisiator benzoil peroksida.

4. Unsur pembentuk bahan tapioka

Tapioka dalam bentuk tepung dihasilkan dari ketela pohon atau cassava yang dikupas dan di parut direndam diperas serta diambil pasta tepungnya dan dikeringkan. Unsur bahan tapioka tetap organik. Disimpan dalam keadaan kering dan jauh dari kelembaban.



Gambar II-2

Sketsa dan Mock up Bahan Bangunan Komposit PERVA-GRC

B. Asal Bahan Dasar

1. Asal bahan kertas

Kertas berasal dari bahan organik tumbuhan yang diproses untuk kebutuhan berbagai macam fungsi antara lain, sebagai alat tulis, bungkus dan kemasan, tempat bahan-bahan lain. Usia bahan hampir tidak mempengaruhi kualitas bahan, kecuali jika terpapar oleh cuaca lembab, basah atau pun kering. Kertas lembab akan merusak bentuk kertas dan cenderung kembali ke bentuk semula berupa bubur kertas.

Kertas yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bata kerva, yang kemudian akan dibentuk menjadi bahan komposit perwa-GRC adalah kertas bekas yang sudah tidak difungsikan lagi. Limbah kertas yang disarankan adalah berbagai jenis bahan kertas yang berasal dari 'pulp' atau bubur kertas dan tidak tercampur dengan bahan lain seperti plastik. Bahan pencampur lain tidak disarankan yang tidak dapat terurai atau hancur di dalam air. Limbah kertas dalam jumlah banyak diperoleh dari pengumpul kertas bekas. Dapat pula diperoleh dari pengumpulan kertas-kertas bekas dari manapun. Jarak capaian mendapatkan kertas bekas dalam jumlah sedikit menggunakan sepeda, becak atau kendaraan bermotor roda 2.

Limbah kertas bekas digunakan sebagai upaya memperpanjang usia bahan melalui bentuk dan fungsi yang berbeda dengan sebelumnya, juga menghindari terjadinya sampah kertas yang akan menambah jumlah sampah.

2. Asal bahan GRC

Usia bahan mempunyai pengaruh terhadap kualitas bahan. dan menyebabkan serat menjadi keras. Demikian pula bahan dasar semen yang semakin membatu. Maka secara usia bahan, GRC akan menjadi semakin keras dan rapuh.

Oleh karenanya GRC yang digunakan untuk pembuatan komposit perwa – GRC memakai bahan GRC yang baru. GRC diperoleh dari toko toko penjualan bahan bangunan di sekitar pembuatan komposit. Toko-toko bangunan tersebar di banyak tempat di dalam kota, dengan jarak capaian menggunakan becak atau mobil karena ukurannya yang cukup besar.

3. Asal bahan lem putih PVA

Penggunaannya pada komposit perwa-GRC adalah sebagai bahan perekat antara GRC dengan permukaan bata kertas pada 2 sisi sebagai

pelapis penutup permukaan komposit. Oleh karenanya, lem PVA dipakai dalam keadaan baru. Dan tanpa pengenceran. Lem PVAc diperoleh dari tempat penjualan sekitar pembuatan bahan komposit karena dipasarkan di banyak tempat. Dijual di toko=toko bangunan dan toko alat tulis, bila menghendaki harga yang cukup ekonomis maka di beli di toko bahan kimia di hampir setiap kota ada, dengan jarak capaian menggunakan sepeda tau kendaraan bermotor roda 2.

4. Asal bahan tapioka

Penggunaan tapioka pada komposit perwa-GRC lebih pada pembuatan bata perwa, untuk merekatkan butiran-butiran kertas. Bahan tapioka digunakan dalam kondisi baru karena merupakan bahan organik yang tidak tahan terhadap kelembaban, yang akan menurunkan kualitas berupa pembusukan dan dimungkinkan tidak dapat digunakan sebagai lem. Sehingga tapioka digunakan dala, kondisi baru. Tapioka diperoleh dari jarak tempuh pendek menggunakan jalan kaki atau sepeda karena dijual di banyak tempat penjualan bahan makanan dan sembako. Bila ingin mendapatkan kualitas yang bagus dengan harga yang cukup ekonomis maka dibeli di toko kimia atau pasar.

5. Asal bahan air

Air bersih diperoleh dari sumber air PDAM atau sumber yang lain yang banyak ditemui setempat dan mudah diperoleh dengan jarak tempuh jalan kaki.



Gambar II-3

Komposit PERVA-GRC $\frac{1}{2}$ jadi
Dg Lem PVAc diatas Tatanan PERVA



Gambar II-4

Pembuatan Komposit PERVA-GRC dg Tenaga Manusia



Gambar II-5

Aplikasi Komposit PERVA-GRC pada Bangunan contoh

II.3.2. Luas dan Volume Bahan

A. Luas dan Volume Bahan Pengisi PERVA

Luas & volume total bata kertas perva di dalam bahan bangunan komposit perva-GRC, sebagai bahan pengisi komposit, diperhitungkan sebagai berikut :

- Demensi pengisi bata kertas pada komposit

panjang (p) = 100 cm

lebar (l) = 100 cm

$$\begin{aligned}
 \text{tebal (t)} &= 5 \text{ cm} \\
 \text{Luas (L)} &= 1 \text{ m}^2 \\
 \text{Volume (V)} &= 0.05 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume bentuk & padat total bata perwa
kepadatan butiran kertas rata-rata 90 % dengan pori-pori rongga udara dan pelapisan tipis lem jelly tapioka 10 %.

$$\begin{aligned}
 V (\text{total bata perwa}) &= 0.05 \text{ m}^3 \\
 \mathbf{V (\text{padat total bata perwa})} &= 90 \% \times 0.05 \text{ m}^3 \\
 &= \mathbf{0.045 \text{ m}^3} \\
 \mathbf{V (\text{pori})} &= 0.05 - 0.045 \\
 &= \mathbf{0.005 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

B. Luas dan Volume Bahan Pelapis GRC

Luas & volume total lembar GRC di 2 permukaan bahan bangunan komposit perwa-GRC, sebagai bahan pelapis pelindung permukaan dan penguat komposit, diperhitungkan sebagai berikut :

- Demensi pelapis permukaan GRC I pada komposit

$$\begin{aligned}
 \text{panjang (p)} &= 100 \text{ cm} \\
 \text{lebar (l)} &= 100 \text{ cm} \\
 \text{tebal (t)} &= 0.3 \text{ cm} \\
 \text{Luas (L)} &= 1 \text{ m}^2 \\
 \text{Volume (V)} &= 0.003 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Demensi pelapis permukaan GRC II pada komposit

$$\begin{aligned}
 \text{panjang (p)} &= 100 \text{ cm} \\
 \text{lebar (l)} &= 100 \text{ cm} \\
 \text{tebal (t)} &= 0.3 \text{ cm} \\
 \text{Luas (L)} &= 1 \text{ m}^2 \\
 \text{Volume (V)} &= 0.003 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Demensi pelapis permukaan GRC I & II pada komposit

$$\begin{aligned}
 \mathbf{V (\text{total lembar GRC})} &= V (\text{GRC I}) + V (\text{GRC II}) \\
 &= 0.003 + 0.003 \text{ m}^3 \\
 &= \mathbf{0.006 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

C. Luas dan Volume Bahan Perekat Lem Tapioka

Volume lem tapioka pada total bata kertas pengisi komposit perwa-GRC sebagai perekat antar butiran kertas, diperhitungkan sebagai berikut :

- Asumsi lem tapioka melapisi setiap butiran kertas dimensi 0.5x0.5x0.5 cm setebal 0.025 cm maka volume lem tapioka tiap butiran :

- Dimensi lem tapioka tiap butiran kertas

panjang (p) = 0.5 cm

lebar (l) = 0.5 cm

tebal (t) = 0.025 cm

Luas (L) permukaan semua sisi

$$= 6 \times 0.5 \times 0.5 \text{ cm}$$

$$= 1.5 \text{ cm}^2$$

Volume (V) lem tapioka pada butiran kertas

$$= 1.5 \times 0.025 \text{ cm}$$

$$= 0.0375 \text{ cm}^3$$

Volume (V) butiran kertas

$$= 0.5 \times 0.5 \times 0.5 \text{ cm}$$

$$= 0.125 \text{ cm}^3$$

Volume (V) total lem tapioka pada seluruh bata kertas pengisi komposit

V (total lem tapioka pada komposit)

$$= 0.0375 \text{ m}^3 : 0.125 \text{ cm}^3 \times 0.0375 \text{ cm}^3$$

$$= 0.0375 : 0.125 \times 0.0375 \text{ cm}^3$$

$$= 0.01125 \text{ cm}^3$$

$$= \mathbf{0.01125 \text{ m}^3}$$

D. Luas dan Volume Bahan Perekat Lem PVAc

Luas & volume total lem PVA untuk merekatkan lembar GRC di 2 permukaan bahan bangunan komposit perwa-GRC

- Dimensi perekat lem PVA sisi I

panjang (p) = 100 cm

lebar (l) = 100 cm

tebal (t) = 0.1 cm

Luas (L) = 1 m²

Volume (V) = 0.001 m³

o Demensi perekat lem PVA sisi II

panjang (p)	=	100	cm
lebar (l)	=	100	cm
tebal (t)	=	0.1	cm
Luas (L)	=	1	m ²
Volume (V)	=	0.001	m ³

• Demensi perekat lem PVA sisi I & sisi II

$$\begin{aligned}
 \mathbf{V \text{ (total lem PVA)}} &= V \text{ (lem I)} + V \text{ (lem II)} \\
 &= 0.001 + 0.001 \quad \mathbf{m^3} \\
 &= \mathbf{0.002} \quad \mathbf{m^3}
 \end{aligned}$$

E. Perbandingan Volume dalam Komposit 'PERVA-GRC'

Dari data tersebut diatas maka dapat disarikan bahwa dari jumlah volume tiap bahan pembentuk tidak sama jumlahnya, dan dapat diperbandingkan sebagai berikut :

Perbandingan volume bahan pembentuk dalam volume 100 % (0.0584 m³) bahan bangunan komposit PERVA-GRC :

Kertas	:	Tapioka	:	Lem PVAc	:	GRC
0.045	:	0.0054	:	0.002	:	0.006
77.05 %	:	9.25 %	:	3.42 %	:	10.27%

II.3.3. Tahap Pekerjaan Pembuatan Bahan Bangunan Komposit

A. Tahapan Pekerjaan

1. Pekerjaan pembuatan bata perva

- Kertas diurai menjadi lembaran-lembaran
- Kertas lembaran dalam jumlah banyak diperam dalam air bersih di tangki
- Kertas dilumat hancurkan di dalam tangki air menjadi bubur kertas
- Bubur kertas diperas menjadi bongkahan bubur kertas lembab jenuh
- Gumpalan bubur lembab jenuh diurai menjadi butiran-butiran lembab
- Butiran-butiran bubur kertas lembab jenuh dijemur panas matahari

- Butiran-butiran bubur kertas lembab $\frac{1}{2}$ kering diuraimenjadi butiran lebih kecil lembab masih pada jemuran panas matahari menjadi butiran-butiran kertas kering dan di simpan dalam karung
- Butiran-butiran kertas kering disaring menjadi 3 jenis ukuran butiran kertas, 2 – 3 mm, 4 – 6 mm dan disimpan dalam karung
- Butiran kertas < 2 mm dan > 6 mm di lembabkan kembali dikempal dan di jemur panas matahari dan dilakukan penguraian sampai menjadi butiran dengan ukuran lebih besar sesuai kriteria
- Tepung tapioka di larutkan dalam air bersih menjadi cairan putih
- Larutan air tepung tapioka dimasak dengan api kecil sambil diaduk menjadi lem jelly
- Butiran-butiran dalam 2 ukuran dicampur menjadi satu merata dalam keadaan kering
- Butiran-butiran kertas kering dicampur dengan lem jelly tapioka merata, pastikan jelly melapisi tipis seluruh permukaan setiap butiran kertas menjadi agregat siap cetak
- Agregat butiran kertas lem tapioka dituang ke dalam cetakan dilakukan pengepresan menjadi padat seukuran bata dan dilepas dari cetakan menjadi bata kertas tapioka/cassava (bata perwa) lembab
- Bata-bata perwa di jemur tempat sedikit teduh dari panas matahari
- Bata-bata perwa kering siap di bentuk menjadi komposit perwa-GRC

2. Pembuatan komposit perwa-GRC

- Lembaran (fiber-Glass Reinforced Concrete) GRC dipotong menjadi 2 lembar GRC I dan GRC II, masing-masing ukuran 1.00 x 1.00 m
- Satuan bata perwa diberi lem PVA pada satu sisi permukaan yang luas
- Satuan bata yang telah diberi lem PVA di tempelkan pada permukaan bagian dalam lembar GRC I
- Dilanjutkan dengan penempelan satuan bata yang lain berhimpitan bata satu sama lain sampai seluruh permukaan GRC I tertutup bata perwa
- Lembar GRC I dengan tatanan bata perwa diatasnya dibiarkan sejenak sampai $\frac{1}{2}$ kering
- Permukaan seluruh bata yang tersusun pada GRC I diolesi dengan lem PVA
- Lembar GRC II baru ditutupkan pada tatanan bata perwa yang sudah diolesi lem PVA

- Komposit 3 layer GRC I-bata perta-GRC II yang terbentuk di tekan pres tindh dengan beban apapun yang cukup berat atau ditindh dengan komposit yang sama agar terjadi rekatan sempurna dan homogen
- Tekanan pres dibiarkan selama 48 jam

B. Kebutuhan Energi

1. Energi pembuatan bata perta

Pembuatan bata perta dijabarkan dalam beberapa tahap pekerjaan yang tentunya dilaksanakan dengan memerlukan tenaga atau energi. Energi apa saja dan berasal dari sumber energi apa dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Pengadaan tangki dan air
 - Pengangkutan tangki *menggunakan tangan energi manusia*
 - Peletakan tangki pada tempat tertentu *menggunakan tangan energi manusia*
 - Penyediaan selang air dari sumber air *menggunakan tangan energi manusia*
 - Penuangan air ke dalam tangki *menggunakan energi kinetik aliran air*
- b. Pengadaan kertas
 - Pengumpulan kertas bekas *menggunakan tangan energi manusia*
 - Pembelian kertas bekas
 - Pengangkutan kertas bekas ke tempat perendaman *menggunakan tangan energi manusia*
- c. Pengadaan rendaman kertas
 - Pemasukan kertas ke dalam air *menggunakan tangan energi manusia*
 - Perataan kebasahan kertas dalam air memakai pengaduk *menggunakan tangan energi manusia*
- d. Pengadaan bubur kertas
 - Pelumatan kertas dalam air *menggunakan tangan dan mixer dari bor energi manusia dan listrik*
 - Pengambilan bubur kertas cair dari dalam tangki *menggunakan tangan dan gayung energi manusia*
 - Pemesaran bubur kertas *menggunakan tangan dan kain energi manusia*
 -

- e. Pengadaan butiran kertas basah
 - Penguraian butiran bubur kertas lembab *menggunakan tangan energi manusia*
- f. Pengadaan penjemuran bubur kertas
 - Pengangkutan plastik landasan jemur *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
 - Pembeberan plastik landasan *menggunakan tangan energi manusia*
 - Pengangkutan butiran kertas lembab ke tempat penjemuran *menggunakan tangan, berjalan kaki dan ember energi manusia*
 - Penuangan butiran kertas lembab diatas landasan plastik *menggunakan tangan energi manusia*
 - Penjemuran butiran lembab perva *menggunakan panas energi matahari*
 - Pengaduk dan pembalik butiran kertas yang dijemur *menggunakan tangan energi manusia*
- g. Pengadaan penyimpanan butiran kertas kering
 - Pengambilan butiran kertas kering dari landasan jemur *menggunakan tangan energi manusia*
 - Pengumpulan butiran kertas kering ke dalam ember *menggunakan tangan dan sekop kecil energi manusia*
 - Pemasukan butiran kertas kering ke dalam karung *menggunakan tangan dan sekop kecil energi manusia*
 - Penyimpanan karung berisi butiran kertas kering ke tempat tertentu *menggunakan tangan energi manusia*
- h. Pengadaan lem tapioka
 - Pembelian tepung tapioka *menggunakan berjalan kaki energi manusia*
 - Pelarutan tepung tapioka dalam panci dengan air *menggunakan tangan dan tongkat kayu energi manusia*
 - Pemasakan larutan tepung tapioka menjadi lem *menggunakan kompor energi panas api bahan bakar gas*
 - Pengadukan larutan tapioka diatas kompor *menggunakan tangan dan pengaduk kayu energi manusi*
 - Penyediaan lem tapioka siap pakai *menggunakan tangan dan berjalan kaki energi manusia*
 -

i. Pengadaan agregat

- Pengambilan dan penyiapan butiran kertas pada wadah agregat *menggunakan tangan dan sekop kecil energi manusia*
- Penyiapan lem tapioka pada wadah agregat *menggunakan tangan dan sekop kecil energi manusia*
- Penyiapan alat cetak tekan bata *menggunakan tangan energi manusia*
- Pencampuran agregat perva *menggunakan remasan tangan energi manusia*

j. Pencetakan bata perva

- Penuangan agregat pada cetakan bata *menggunakan tangan dan sekop kecil energi manusia*
- Pengepresan cetakan bata perva *menggunakan tangan energi manusia*
- Pengambilan bata dari cetakan diletakan pada alas *menggunakan tangan energi manusia*

k. Pelaksanaan curing bata perva lembab

- Penataan jemur teduh bata perva lembab *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
- Penjemuran bata perva lembab *menggunakan panas energi matahari dan penyapuan kelembaban energi pergerakan udara*
- Pembalikan posisi jemur bata perva *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
- Pengambilan bata perva kering *menggunakan tangan energi manusia*
- Pemasukan bata perva kering ke dalam karung *menggunakan tangan energi manusia*
- Penyimpanan karung isi bata perva di tempat tertentu *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*

2. Energi pembuatan komposit perva

Pembuatan komposit perva-GRC dijabarkan dalam beberapa tahap pekerjaan yang tentunya dilaksanakan dengan memerlukan tenaga atau energi. Energi apa saja dan berasal dari sumber energi apa dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Pengadaan GRC
 - Pembelian lembar2 GRC *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
 - Pengangkatan lembar2 GRC ke tempat pengumpulan sementara *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
- b. Pengadaan bata perva
 - Pengambilan karung bata perva *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
 - Pengambilan dan penyiapan bata perva ditempat pembuatan komposit *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
- c. Pengadaan lem PVAc
 - Pembelian lem PVAc *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
 - Penyiapan lem PVAc ditempat pembuatan komposit *menggunakan tangan energi manusia*
- d. Pengadaan alat pres beban
 - Penyiapan alas cetak komposit pada meja *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
 - Penyiapan alat pres beban pada tempat pengepresan komposit *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
- e. Pemotongan lembar GRC
 - Pengangkatan lembar GRC pada tempat pemotongan *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
 - Pemotongan lembar GRC *menggunakan tangan dan cutter energi manusia*
 - Pengumpulan sisa potongan2 kecil lembar GRC *menggunakan tangan energi manusia*
 - Penyiapan lembar potongan terukur GRC *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
- f. Penyiapan lembar GRC I untuk permukaan bawah komposit
 - Peletakan lembar alas GRC I pada landasan diatas meja *menggunakan tangan energi manusia*
- g. Penyusunan bata perva diatas lembar GRC I
 - Pengambilan satuan bata perva dan mengolesi dengan lem PVAc *menggunakan tangan dan scrab kecil energi manusia*

- Penempelan dan penataan bata perwa pada lembar GRC I *menggunakan tangan energi manusia*
 - Pemotongan beberapa bata perwa sesuai dimensi yang diperlukan *menggunakan tangan dan cutter ataugergaji kecil energi manusia*
 - Pengolesan lem PVAc pada potongan2 bata perwa *menggunakan tangan energi manusia*
 - Penempelan dan penataan potongan2 bata perwa pada lembar GRC I *menggunakan tangan energi manusia*
- h. Pemberian lem PVAc merata permukaan tatanan bata perwa permukaan atas
- Pengolesan lem PVAc pada seluruh permukaan bata perwa yang sudah tertata *menggunakan tangan energi manusia*
 - Pengolesan lem PVA pada sela2 antar bata perwa tersusun *menggunakan tangan energi manusia*
- i. Penempelan lembar GRC II diatas permukaan tatanan bata perwa
- Pengangkatan lembar GRC II dari tempat persediaan *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
 - Penempelan lembar GRC II pada tatanan bata perwa yang sudah terdapat lem diatas permukaannya *menggunakan tangan energi manusia*
 - Pengangkatan alat pres beban ke atas komposit yang terbentuk *menggunakan tangan dan jalan kaki energi manusia*
- j. Pematangan komposit baru
- Komposit terbentuk dibiarkan terbebani alat pres *menggunakan energi pergerakan udara*

II.4.4. Peralatan Kerja dan Waktu Pemakaian

Peralatan kerja dan waktu penggunaannya yang dibutuhkan untuk pembuatan perwa

A. Peralatan Dan Waktu Pemakaian Pembuatan Bata Perwa

1. Alat Organ Tubuh

- Tangan *manusia* sebagai alat pengurai lembaran-lembaran kertas dan memasukkan ke dalam tangki air
- Tangan *manusia* sebagai alat pemeras bubur kertas
- Tangan *manusia* sebagai alat pengurai butiran kertas lembab
- Tangan manusia sebagai alat pemindah lebaran GRC

- Tangan manusia sebagai alat menempelkan bata kertas dengan lem ke permukaan dalam lembar GRC I
- Tangan manusia sebagai alat meletakkan lembar GRC II diatas tatanan bata perva yang berada di atas lembar GRC I Tangan manusia sebagai pemindah komposit terbentuk di ruang penyimpanan

2. Alat Tempat/Wadah

- Tangki air plastik atau *logam dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Plastik penjemur butiran bubur kertas *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Karung *plastik* tempat menyimpan butiran kertas kering *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Panci *logam galvalume* tempat pembuat lem jelly tapioka *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Alat tempat plastik pencampur agregat butiran kertas lem jelly tapioka *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Alat landasan *kayu* tempat menjemur bata perva *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Karung *plastik* tempat menyimpan bata perva kering *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
-

3. Alat Pengaduk

- Alat pengaduk *kayu* peraman bubur kertas dalam air *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Alat pelumat bor pengaduk *besi listrik* bubur kertas dalam air *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Wiper sweeper lantai *karet sintetik plastik* pembalik jemuran butiran bubur kertas *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Alat pengaduk *kayu* pemasak lem jelly tapioka *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*

4. Alat Pemanas

- Radiasi panas matahari sebagai alat pengering butiran bubur kertas

- Kompor gas *besi* pemasak lem jelly tapioka *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Radiasi panas lingkungan dari matahari sebagai alat pengering bata perva *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*

5. Alat Pencetak

- Alat cetak *kayu* pembentuk dan pengepres bata perva *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*

6. Alat pertukangan

- Alat penggaris panjang logam pengukur dimensi lembar GRC
- Alat Cutter logam pemotong lembar GRC I dan GRC II
- Alat gergaji besi kecil pemotong bata perva
- Alat tekan press lembar baja penindih komposit terbetuk
- Kawat *galvanish* kasa penyaring pemisah butiran kertas kering *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
-

7. Alat Pengambil

- Sekop *plastik* sendok butiran kertas kering *dipakai berkali kali dalam waktu panjang*
- Alat scrab plastik pengambil dan perata lem putih diatas permukaan bata perva

BAB III

METODE PENELITIAN

IV.1. DESAIN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk melihat apakah bahan bangunan Komposit PERVA-GRC dapat dikategorikan sebagai bahan bangunan ekologis.

Metode penelitian ini dilakukan dengan menguji hubungan antara variabel satu dan lainnya. Sebagai variabel pertama adalah proses dan produk bahan bangunan Komposit PERVA-GRC yang dihipotesiskan sebagai bahan bangunan ekologis, yang diuji ketepatannya dengan variabel kedua berupa kriteria persyaratan bahan bangunan ekologis.

Pengujian dilakukan mulai dari cara mendapatkan bahan dasar, langkah-langkah proses produksi sampai menjadi bahan jadi siap pakai. .

IV.2. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Metode penelitian berkaitan dengan tempat dan waktu penelitian adalah dilaksanakan di rumah dengan pengamatan fisik benda bahan bangunan baru komposit PERVA-GRC dan secara online dengan mencari data-data teori yang mendukung. Adapun waktunya dilakukan selama masa social distancing akibat pandemi virus covid 19.

IV.3. OBSERVASI PENELITIAN

Observasi penelitian dilakukan dengan mencari sumber data dari penelitian sebelumnya tentang eksperimental pembuatan produk bahan bangunan baru PERVA-GRC yang memaparkan langkah-langkah produksi bahan bangunan tersebut. Pencarian data yang lain secara online selancar internet dengan mencari data data pendukung berupa jurnal dan buku buku referensi. Juga dengan membaca buku-buku fisik tentang ekologi arsitektur dan ekologi bahan.

IV.4. ALUR PENELITIAN

Alur penelitian diawali dengan menyiapkan data-data eksisting dari benda bahan bangunan komposit PERVA-GRC. Observasi literatur berkaitan dengan data-

data bahan dasar dan penelitian sejenis. Selanjutnya mencari data berkaitan dengan teori tentang kriteria bahan bangunan ekologis.

Analisis pembahasan dilakukan dengan melakukan penilaian silang antara data eksisting benda dengan kriteria baha bangunan ekologis.

IV.5. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian ekspalanasi dengan pendekatan kualitatif. Penilaian dari bahan bangunan hasil penelitian sebelumnya dari segi ekologisnya, dengan menggunakan kriteria persyaratan bahan bangunan ekologis yang diperoleh dari teori dan jurnal. Penelitian ini menggunakan cara diskriptif lapangan dengan mengingat dan menuliskan kembali proses produksi bahan sebagai obyek penelitian, dan melakukan penilaian di setiap tahapan proses produksi bahan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1. PEMBAHASAN EKOLOGIS BAHAN BANGUNAN KOMPOSIT 'PERVA-GRC'

IV.1.1. Analisis Terhadap Sumber Daya Bahan

A. Aspek Daur Ulang bahan

1. Aspek Biodegradeble Bahan

Analisis aspek biodegradeble atau bahan yang dapat terurai dengan sendirinya dalam alam. Dominasi bahan komposit PERVA-GRC adalah bahan kertas bekas yang terdiri atas sebagian terbesar bahan dasar adalah selulosa organik. Dengan penambahan bahan bahan pelengkap yang sangat sedikit jumlahnya di dalam bahan dasar kertas. Sebagian kecil bahan dasar GRC yang merupakan bahan bangunan plasterboard, dengan bahan dasar semen dan serat glass.

Kertas terbentuk dari bahan dasar selulosa organik dan bahan pelengkap seperti kaolin, gips, tanah diatomea, kapur magnesit. Juga sedikit bahan kimia Klor/klorin (Cl_2) dan klor dioksida (ClO_2), Natrium hidroksida (NaOH), H_2O_2 , Hidrogen Peroksid, Natrium Peroksid, Natrium Bisulfat, Kalium Bisulfat

Tabel IV.1. Penggunaan sumber daya Tak Terbarukan pada Industri Bahan Bangunan

Raw material		Reserve [years]	Reserve base [years]	Annual growth in consumption 1999–2006 [%]
1	Aggregate (sand, gravel)	Very Large	Very Large	
2	Arsenic	20	30	6
3	Bauxite	141	180	6
4	Bentonite (Montmorillonite)	Large	Large	
5	Boric salts	35	86	1
6	Brom	Large	Large	

7	Cadmium	26	77	1
8	Chrome	Ca. 25	Ca. 40	8
9	Clay, for fired products	Very Large	Very Large	
10	Cobalt	121	226	15
11	Copper	31	61	3
Raw material		Reserve [years]	Reserve base [years]	Annual growth in consumption
12	Diatomite (silicious fossil meal)	Large	Large	
13	Earth, for compressing	Very Large	Very large	
14	Feldspar	Large	Large	
15	Gold	17	36	1
16	Gypsum	Large	Large	
17	Iron	95	219	10
18	Kaolin	Large	Large	
19	Lead	20	42	1.5
20	Lime	Very Large	Very Large	
21	Magnesium	Large	Very Large	
22	Manganese	40	472	9
23	Mica	Very Large	Very Large	
24	Mineral salt (sodium chloride)	Very Large	Very Large	
25	Nickel	41	90	5
26	Perlite	Large	Large	
27	Phosphate	124	345	0
28	Potash	Large	Large	
29	Pumice	Large	Large	
30	Quartz	Large	Large	
31	Silica	Large	Large	
32	Silver	14	29	3
33	Soda ash	Large	Large	
34	Stone	Very Large	Very Large	
35	Sulphur	21	53	1
36	Tin	22 (in 1999)	40 (in 1999)	4
37	Titanium	122	240	5
38	Vermiculite	Large	Large	
39	Zinc	22	46	4.5
40	Coal	150		4.5
41	Natural gas	63		3
42	Crude oil	41		1.4

Sumber : *The Ecological Building Materials, 2009*

Berdasarkan analisis telaah bahan dasar dan volume didalamnya, yang terbesar adalah selulosa organik yang dengan mudah terurai di tanah sebar alam. Maka bahan bangunan komposit PERVA-GRC ini dapat dikatakan sebagai bahan bangunan ekologis dari sisi kemudahan keteruraian hancur secara biodegradable. Ada terdapat bahan lain yang jumlahnya sedikit yang sulit terdaur ulang namun tidak berpengaruh secara signifikan.

B. Analisis Terhadap Energi Bahan

1. Aspek Energi Produksi Bahan

Analisis berdasarkan aspek energi dari produksi bahan, untuk bahan pengisi dan bahan jadi komposit PERVA-GRC.

- a. Peralatan dan sumber energi yang dibutuhkan pembuatan bata perva
 - Tangan *manusia* sebagai alat pengurai lembaran-lembaran kertas dan memasukkan ke dalam tangki air *dengan 100% energi manusia*
 - Alat pengaduk *kayu* peraman bubur kertas dalam air *dengan 100% energi manusia*
 - Alat pelumat bor pengaduk *besi listrik* bubur kertas dalam air *dengan 90% energi listrik 10% energi manusia*
 - Tangan *manusia* sebagai alat pemeras bubur kertas *dengan 100% energi manusia*
 - Radiasi panas matahari sebagai alat pengering butiran bubur kertas *dengan 100% energi matahari*
 - Tangan *manusia* sebagai alat pengurai butiran kertas lembab *dengan 100% energi manusia*
 - Kawat *galvanish* kasa penyaring pemisah butiran kertas kering *dengan 100% energi manusia*
 - Wiper sweeper lantai *karet sintetik plastik* pembalik jemuran butiran bubur kertas *dengan 100% energi manusia*
 - Sekop *plastik* sendok butiran kertas kering *dengan 100% energi manusia*
 - Kompor gas *besi* pemasak lem jelly tapioka *dengan 100% energi panas api bahan bakar gas*
 - Alat pengaduk *kayu* pemasak lem jelly tapioka *dengan 100% energi manusia*

- Tangan manusia pencampur agregat butiran kertas lem jelly tapioka *dengan 100% energi manusia*
- Tangan manusia penuang agregat ke dalam cetakan bata *dengan 100% energi manusia*
- Alat penekan agregat pada cetakan bata *dengan 100% energi manusia*
- Tangan manusia meletakkan bata perva basah diatas landasan kayu *dengan 100% energi manusia*
- Tangan manusia meletakkan bata perva basah dengan landasan di tempat jemur *dengan 100% energi manusia*

b. Peralatan dan sumber energi yang dibutuhkan pembuatan komposit perva-GRC

- Tangan manusia sebagai alat pemindah lembaran GRC *dengan 100% energi manusia*
- Alat penggaris panjang logam pengukur dimensi lembar GRC *dengan 100% energi manusia*
- Alat Cutter logam pemotong lembar GRC I dan GRC II *dengan 100% energi manusia*
- Alat gergaji besi kecil pemotong bata perva *dengan 100% energi manusia*
- Alat scrub plastik pengambil dan perata lem putih diatas permukaan bata perva *dengan 100% energi manusia*
- Tangan manusia sebagai alat menempelkan bata kertas dengan lem ke permukaan dalam lembar GRC I *dengan 100% energi manusia*
- Tangan manusia sebagai alat meletakkan lembar GRC II diatas tatanan bata perva yang berada di atas lembar GRC I *dengan 100% energi manusia*
- Alat tekan press lembar baja penindih komposit terbetuk *dengan 100% energi gravitasi*
- Tangan manusia sebagai pemindah komposit terbentuk di ruang penyimpanan *dengan 100% energi manusia*

Penggunaan peralatan dan energi yang diperlukan untuk menggerakan alat dalam melakukan aktifitas dengan perbandingan sebagai berikut :

Tabel IV.2. Pemakaian Energi pada Peralatan Pruduksi

No	.	Jenis peralatan	100% manusia	Sumber energi per alat				
				100% Energi terbagi		100% radiasi matahari	100% gravitasi	100% listrik
				bagian manusia	bagian alat			
1.	9	Tangan manusia	9,00		-	-	-	-
2.	2	Alat pengaduk kayu	-	1,90	0,10	-	-	-
3.	1	Sekop kecil	-	0,95	0,05	-	-	-
4.	1	Scrab plastik	-	0,95	0,05	-	-	-
5.	1	Cutter	-	0,95	0,05	-	-	-
6.	1	Gergaji	-	0,90	0,10	-	-	-
7.	1	Alat tekan bata	-	0,90	0,10	-	-	-
8.	1	Bor pengaduk	-	0,10	-	-	-	0,90
9.	1	Alat tekan komposit	-	-	-	-	1,00	-
10.	2	Radiasi matahari	-	-	-	2,00	-	-
Jumlah prosentase energi			9,00	6,65	0,45	2,00	1,00	0,90

Sumber : Pengolahan pribadi

Total energi yang di butuhkan :

	= 20,00	bagian = 100,00	%
- Energi manusia	= 15,65	bagian = 78,25	%
- Energi potensial alat	= 0,45	bagian = 2,25	%
- Energi listrik	= 0,90	bagian = 4,50	%
- Energi radiasi matahari			
	= 2,00	bagian = 10,00	%
- Energi gravitasi bumi	= 1,00	bagian = 5,00	%

Energi terbarukan = 93,25 %

Energi listrik = 4,50 %

Energi potensial alat = 0,45 %

Berdasarkan aspek energi terhadap proses produksi untuk bahan pengisi PERVA maupun bahan jadi komposit PERVA-GRC dapat dilihat bahwa penggunaan energi terbarukan yang berasal dari manusia, matahari maupun gravitasi menurut perbandingan dengan asal energi lain menunjukkan angka 93,25 % yang berarti mendominasi energi yang digunakan. Sedangkan energi dari sumber tak terbarukan

dari listrik PLN dan energi yang ada dalam alat hanya 4,95 % saja, dan sangat kecil menurut perbandingan pemakaian.

2. Aspek Energi Distribusi/Transportasi Bahan

Analisis berdasarkan aspek energi distribusi dilihat dari faktor kedekatan perolehan bahan dasar.

Tabel IV.3. Konsumsi Energi pada Transportasi

Type of transport	MJ/ton km
By air	33–36
By road, diesel	0,8–2,2
By rail, diesel	0,6–0,9
By rail, electric	0,2–0,4
By sea	0,3–0,9

Sumber : *The Ecology of Building Materials*, 2009

Tabel IV.4. Pemakaian Alat Transportasi pada Pengadaan Bahan

No.	Pengadaan	Jarak tempuh		
		Radius Jalan kaki	Radius Kendaraan tak bermotor	Radius Kendaraan bermotor
1.	Kertas bekas	v		
2.	Tepung tapioka	v	v	
3.	GRC			v
4.	Lem PVAc		v	
5.	Air	v		
6.	Komposit terpakai		v	v

Sumber : *Pengolahan Pribadi*

Berdasarkan transportasi dengan pengukuran radius capaian, capaian dengan tidak menggunakan kendaraan berbahan dasar fosil terdapat 4 jenis baha dasar. 2 jenis diantaranya mengalami distribusi yang cukup jauh, namun dengan prosentase volume bahan yang rendah. Maka bahan komposit PERVA-GRC dapat dikatakan sebagai bahan bangunan ekologis dari aspek perolehan bahan dasar.

IV.1.2. Analisis Terhadap Polutan Bahan

A. Aspek Jejak Karbon Bahan

Analisis terhadap jejak karbon dalam hal ini dapat diidentikan dengan penggunaan energi dengan bahan bakar fosil yang menghasilkan unsur kimia dalam bentuk CO₂ dan CO yang dapat mengganggu lingkungan. Jejak karbon diperhitungkan mulai dari bahan dasar siap pakai sebagai bahan bangunan baru komposit PERVA-GRC sampai menjadi bahan jadi siap pakai. Oleh karenanya diperhitungkan mulai bahan dasar, transportasi cara mendapatkan bahan dasar, persiapan pembuatan dan tahap pembuatan. Maka analisis penilaian ini dapat menggunakan bukti penyerapan energi bahan bangunan.

Melihat dari kecilnya pemakaian bahan bakar fosil dalam pengadaan bahan baku yang dimungkinkan menggunakan kendaraan bermotor dalam jumlah kecil bahan bakar. Juga penggunaan bor listrik pengaduk bubur kertas, maka bahan bangunan alternatif komposit PERVA-GRC dapat dikategorikan sebagai bahan bangunan ekologis dari aspek jejak karbon.

IV.1.3. Analisis Terhadap Lokalitas Bahan

A. Aspek lokalitas perolehan dan produksi

Analisis terhadap lokalitas bahan berdasarkan asal perolehan bahan dasar dapat dilihat dalam tabel. Bahwa semua bahan dasar diperoleh setempat dalam arti pada skala perdagangan, di lokal setempat dan dalam kota dengan mudah dapat diperoleh. Pada skala pembuatan bahan maka dapat diasumsikan bahwa kertas bekas mudah diperoleh setempat. Tepung tapioka diproduksi paling dekat diproduksi di dalam kota, lem PVAc dapat diproduksi oleh toko kimia dalam kota. Hanya GRC board yang diketahui bahwa paling dekat diproduksi di luar kota luar propinsi, salah satunya adalah di kota Gresik.

Tabel IV.5. Lokasi Asal Perolehan Bahan Dasar

No.	Jenis bahan	Skala wilayah				
		Lokal setempat	Dalam kota	Luar kota dalam propinsi	Luar kota luar propinsi	Wilayah pulau Jawa
1.	Kertas bekas	v	v			
2.	Tepung tapioka	v	v			
3.	GRC	v	v		v	v
4.	Lem PVAc	v	v			
5.	Air	v				
6.	Komposit rencana pakai	v				

Sumber : Pengolahan pribadi

Berdasarkan aspek lokalitas dari faktor perolehan dan produksi, maka bahan bangunan komposit PERVA-GRC dapat dikatakan sebagai bahan bangunan ekologis karena kedekatan asal bahan dasarnya. Adapun bahan dasar GRC tidak bersifat lokal namun pemakaiannya hanya dalam volume yang sedikit.

B. Aspek Teknologi Transformasi bahan

Analisis terhadap aspek teknologi transformasi bahan dasar sampai menjadi bahan bangunan baru komposit PERVA-GRC ada dalam tabel.

Tabel IV.6. Skala Transformasi Bahan Dasar dalam Pembentukan Diri

No.	Jenis bahan	Tahap transformasi			
		I	II	III	V
1.	Kertas	Kertas Tulis, bungkus, kemasan			
2.	Tepung tapioka	Tepung tapioka			
3.	Glass Reinforced Concrete (GRC)	semen	GRC		
		Fibre glass			
4.	Lem Polyvinil Acetat (PVAc)	Polyvinil Alkohol	PVAc		
		Dextrin			
		Resol			

Sumber : Pengolahan Pribadi

Berdasarkan data transformasi bahan dasar terlihat bahwa bahan asal kertas dan tapioka hanya mengalami 1 x transformasi dalam penggunaannya sebagai bahan kertas dan tapioka. Sedangkan bahan GRC dan lem PVAc hanya 2x pembentukan. GRC terbentuk dari bahan jadi semen dan bahan jadi fibre glass. Sedangkan lem PVAc terbentuk dari bahan Polyvinil Alcohol dan bahan kimia rantai panjang penunjang lainnya.

Jika melihat dari volume bahan terbesar adalah kertas dengan 1x transformasi, dan bahan bahan lain dengan volume sedikit yang mengalami 1-2 x transformasi, maka secara bahan dasar dapat dikatakan sebagai bahan bangunan ekologis. .

Tabel IV.7. Skala Transformasi Bahan Dasar Pembentukan Bahan Jadi

No.	Jenis bahan	Tahap transformasi				
		0	I	II	III	IV
1.	Kertas bekas	kertas	Bata perwa			
2.	Tepung tapioka	Tepung tapioka	Lem koloida tapioka			
3.	GRC	GRC	GRC			
4.	Lem PVAc	PVAc	Lem PVAc			
6.	Komposit rencana pakai			Komposit terbentuk		

Sumber : Pengolahan Pribadi

Berdasarkan data tahap pembuatan bahan bangunan komposit PERVA-GRC dapat diketahui bahwa semua bahan dasar untuk menjadi bahan bangunan jadi komposit PERVA-GRC hanya mengalami 1x transformasi, dan termasuk dalam teknologi transformasi sederhana. Maka bahan bangunan yang terbentuk komposit PERVA-GRC dapat dikatakan sebagai bahan bangunan ekologis.

IV. 1.4. Analisis Terhadap Kimia, Fisika Bahan dan Toxic

A. Aspek Kualitas Unsur Bahan

Analisis aspek kualitas unsur bahan, menilai bahan dasar dari kandungan unsur kimiawi terutama dari tingkat bahayanya. Unsur bahan

dibedakan atas sifat unsur kimia ringan, kimia berbahaya, organik organik berbahaya dan toxic atau kadar racun yang dikandungnya.

Tabel IV.8. Kualitas Unsur bahan

No.	Jenis bahan	Kualitas Unsur				
		Kimia ringan	Kimia berbahaya	organik	Organik berbahaya	Toxic
1.	Kertas bekas	v		v		
2.	Tepung tapioka	v		v		
3.	GRC	v	v			
4.	Lem PVAc		v			v
5.	Air	v				
6.	Komposit rencana pakai	v		v		

Sumber : Pengolahan Pribadi

Berdasarkan aspek kualitas unsur baha maka penilaian atas bahan dasar sampai dengan bahan jadi komposit PERVA-GRC terlihat bahwa 4 bahan dasar kartas, tepung tapioka, GRC dan air mengandung unsur kimia ringan. Bahknan kertas dan tapioak merupakan unsur bahan organik tidak berbahaya. Kandungan kimia berbahaya ada pada GRC yang sedikit kandungannya hanya sebatas bahan pelengkap dalam hal ini kimia aditif. Lem PVAc cukup banyak kandungan kimia berbahaya dan toxicnya, namun penggunaannya pada bahan bangunan komposit PERVA-GRC hanya ebatas volume sedikit. Maka bahan bangunan komposit PERVA-GRC yang terbentuk dapat dikatakan sebagai bahan bangunan ekologis.

IV.1.5. Analisis Holistis Ekologis Terhadap Bahan Komposit 'PERVA-GRC'

Analisis holistis ekologis terhadap bahan komposit PERVA-GRC merupakan analisis yang melihat secara komprehensve dan integral terhadap keseluruhan analisis parsial yang telah dilakukan diatas.

Semua item dalam analisis aspek secara parsial menunjukan hasil bahwa bahan bangunan komposit PERVA-GRC termasuk dalam kategori ekologis.

Berdasarkan aspek penyerapan energi pada masa produksi banyak dilakukan oleh sumber energi terbarukan, demikian untuk transportasi masih dalam radius tanpa bahan bakar fosil.

Berdasarkan aspek lokalitas, semua bahan dasar mudah didapat pada wilayah lokal, satu bahan diproduksi di luar kota luar propinsi. Pengerjaan bahan baru dilakukan oleh masyarakat setempat tanpa keahlian khusus.

Berdasarkan aspek transformasi bahan sampai bahan jadi hanya mengalami 1x transformasi, dengan teknologi sederhana.

Berdasarkan aspek kualitas unsur, 4 bahan dasar dalam volume besar sampai bahan jadi, hanya mengandung unsur kimia ringan. Unsur toxic sangat sedikit dapat ditoleransi..

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. KESIMPULAN

Pembahasan tentang uji ekologis bahan komposit PERVA-GRC terhadap beberapa aspek, sebagian besar menunjukan bahwa aspek-aspek yang ada menyatakan sebagai material ekologis. Dari keadaan tersebut maka secara holistik komprehensif dan integrasi menunjukkan bahwa bahan bangunan Komposit PERVA-GRC masuk dalam kategori bahan bangunan ekologis.

V.2. SARAN

Penilaian ekologis terhadap bahan bangunan baru PERVA-GRC menunjukkan hal yang positif. Tidak banyak bahan bangunan yang secara holistik dikategorikan sebagai bahan bangunan ekologis. paling tidak karena diproduksi secara massal dan pabrikasi maka faktor energi menghalangi penilaian ekologisnya. Oleh karenanya bahan baru Komposit PERVA-GRC ini semoga dapat diimplementasikan produksinya secara mandiri dan digunakan pada bangunan dalam tataran 'self help' atau diproduksi secara terbatas dengan mengedepankan aspek ekologis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aigbomian, EP M Fan, (2013), *Development of Wood-Crete building materials from sawdust and waste paper*, International Journal. Construction and Building Materials, volume 40, Pages 361-366
- Bjorn, Berge, (2009), *The Ecology of Building Materials*, Elsevier - Architectural Press, Amsterdam
- Council, Waitakere City (1998), Sustainable Home Guidelines, New Zealand, www.waitakere.govt.nz
- Frick, Heinz, CH Koesmartdi, (1998), *Ilmu Bahan Bangunan*, Kanisius, Jogjakarta
- Frick, Heinz, FX Bambang Suskiyatno, (2004), *Dasar-dasar Arsitektur Ekologis*, Kanisius – ITB, Jogjakarta
- Irun 89, (2010), *Polivinil Asetat Zat Pembuat Lem Sederhana*, Science <http://organisasi.org/polivinil-asetat-zat-pembuat-lem-sederhana-senyawa-polimer-serta-manfaat-kegunaannya>
- Mandili, B, M. Taqi, A. El Bouari, M. Errouaiti, (2019), *Experimental study of a new ecological building material for a thermal insulation based on waste paper and lime*. International Journal. Construction and Building Materials, Volume 22820, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.018>
- Rana Y, dkk, (2014), Panduan Teknis Perangkat Penilaian Bangunan Hijau Untuk Bangunan Baru, versi 1.2, Green Building Council Indonesia, Jakarta
- Rautah, S., R. Ralegaonkara, S. Mandavganec (2013), *Utilization Of Recycle Paper Mill Residue And Rice Husk Ash In Production Of Light Weight Bricks*. International Journal, Archives Of Civil And Mechanical Engineering 13 269–275. Homepage : www.elsevier.com/locate/acme
- Rajput, D. ^aS.S.Bhagade^aS.P.Raut^bR.V.Ralegaonkar^bSachin A.Mandavgane^c, (2012) Reuse of Cotton and Recycle Paper Mill Waste as Building Material, International Journal. Construction and Building Materials, volume 22820 Pages 470-475, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.035>

SURAT TUGAS

No. : **047/K.6.4.A/FAD/IX/2019**

Dekan Fakultas Arsitektur dan Desain Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, memberikan tugas kepada :

Nama : **Ir. FX. Bambang Suskiyatno, MT**
Ir. Afriyanto Sofyan St B, MT
Epri Widiangkoso, ST.,MT

Status : Dosen Fakultas Arsitektur dan Desain Unika
Soegijapranata - Semarang

Tugas : Sebagai sebagai team Penelitian dengan judul
"PENILAIAN EKOLOGI PADA BAHAN BANGUNAN
BARU KOMPOSIT PERVA-GRC SANDWICH WALL
PANEL".

Tempat : Semarang

Waktu : September 2019 - Agustus 2020

Keterangan : Harap melaksanakan tugas dengan baik dan penuh
tanggung jawab, serta memberikan laporan setelah
melaksanakan tugas.

Semarang, 5 September 2019

Dekan



Dra. B. Tyas Susanti, MA.,PhD
NIDN. 626076501

